

**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



**FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ**  
**ENERGETICKÝ ÚSTAV**

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING  
ENERGY INSTITUTE

# KLIMATIZACE PRO OBYTNÉ BUDOVY A RODINNÉ DOMY

AIR CONDITIONING SYSTEMS OF RESIDENTIAL BUILDINGS AND ONE-FAMILY HOUSES

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

BACHELOR'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

**JAN VERFL**

**VEDOUCÍ PRÁCE**  
SUPERVISOR

doc. Ing. EVA JANOTKOVÁ, CSc.

BRNO 2008



## **ABSTRAKT**

Klimatizace se v současné době stala nedílnou součástí kvalitního bydlení v rodinných a obytných domech. Klimatizace nám zaručuje optimální mikroklima a stav tepelné pohody. První kapitola se zabývá právě hodnocením mikroklimatu a tepelného stavu prostředí, ale taky přenosu tepla mezi lidským tělem a okolím. Druhá kapitola popisuje klimatizační zařízení a jeho hlavní součásti, rozdělení klimatizačních systémů a jejich zhodnocení.

### **Klíčová slova**

Mikroklima, pohoda prostředí, přenos tepla, klimatizace

## **ABSTRACT**

Airconditioning now a days became important equipment in every household. It keeps optimal microclimate and thermal comfort. The first chapter describes valuation of microclimate and thermal condition of environment and also thermal transport in between human body and environment. The second chapter describes conditioner and its main parts, division of aircondition systems and their estimation.

### **Key words**

Microclimate, comfortable environment, heat transfer, air-condition

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

VERFL, Jan. *Klimatizace pro obytné budovy a rodinné domy*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2008. 34 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Eva Janotková, CSc.



## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Klimatizace pro obytné budovy a rodinné domy vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

Datum: 23.5.2008

.....  
Jméno a příjmení bakaláře



## **Poděkování**

Děkuji tímto doc. Ing. Evě Janotkové, CSc. za cenné připomínky a rady při vypracování bakalářské práce.





# OBSAH

<b>Úvod</b>	8
<b>1 Mikroklima</b>	9
1.1 Tepelná pohoda prostředí	9
1.1.1 Tepelná rovnováha	10
1.1.2 Rovnice tepelné pohody	12
1.1.3 Hodnocení tepelného stavu prostředí	13
1.2 Čistota vzduchu v místnosti	13
<b>2 Klimatizace</b>	15
2.1 Součásti klimatizačního zařízení	15
2.1.1 Ohříváče a chladiče	15
2.1.2 Zvlhčovače vzduchu	15
2.1.3 Chladicí zařízení pro klimatizace	16
2.1.4 Ventilátory	17
2.1.5 Filtry	17
2.1.6 Zařízení pro zpětné získávání tepla	17
2.2 Systémy klimatizačních zařízení	17
2.2.1 Systémy vzduchové	19
2.2.2 Systémy kombinované	20
2.2.3 Systémy vodní	21
2.2.4 Chladivové systémy	21
<b>Závěr</b>	27
Seznam použitých zdrojů	28
Seznam použitých zkratek a symbolů	29

## ÚVOD

Klimatizace vznikla na začátku 20. století, a jako první sloužila pro udržení teploty a vlhkosti v prostorech tiskáren. Dále se používala v textilním průmyslu pro udržení konstatních podmínek pro technologii výroby. Ve veřejnou známost se dostala klimatizace až po II. světové válce. Ze začátku se používala v závodech a výrobních halách, kde teplota a kvalita vzduchu ovlivňuje výrobní a kontrolní procesy, ale taky v laboratořích a operačních sálech, kde je správné mikroklima důležité. Mikroklima je důležitou součástí životního prostředí, ve kterém travíme hodně času nebo v něm pracujeme.

S narůstajícím požadavkem na kvalitu vnitřního prostředí budov a taky kvůli rozmachu lehkých stavebních materiálů a velkým proskleným plochám se klimatizace rozšířila velkým tempem. Nejprve byla instalována do budov kde se často seskupují lidé jako jsou divadla, kina, obchodní domy atd., ale dnes už je klimatizace téměř základní výbavou moderních domů a bytů. Klimatizace nám umožňuje upravit vstupní vzduch na požadované parametry. Klimatizační zařízení má široké využití a můžeme ho využívat po celý rok. Na trhu je široká nabídka různých systémů a různých provedení, takže si každý může zvolit vhodnou alternativu tak, aby byla finální a energetická stránka provozu klimatizace přijatelná.

## 1 Mikroklima

K životnímu prostředí patří prostředí, ve kterém tráví člověk nejvíce času. Je to prostředí uvnitř budov tzv. mikroklima. Ať už se jedná o mikroklima v obytném domě nebo na pracovišti. Jakost vnitřního prostředí se určuje podle stavu činitelů prostředí. Ty v sobě zahrnují všechny změny jednotlivých složek prostředí a další faktory, které ovlivňují smyslové chápání člověka, fyzický a duševní stav.

**Hlavní mikroklimatické činitele:** čistota okolního vzduchu, teplota vzduchu, teplota povrchu stěn a předmětů, rychlost proudění vzduchu, vlhkost vzduchu, oděv, intenzita osvětlení, hluk, vibrace, ultrazvuk, koncentrace iontů ve vzduchu, intenzita elektrických a magnetických polí, intenzita ionizujícího záření, prostorové, dispoziční a estetické řešení prostředí, tělesná konstituce člověka, činnost člověka, schopnost aklimatizace, klima, rasové zvláštnosti a návyky lidí, další vlivy – tlak vzduchu, psychické stavy atd [1].

Všechny tyto mikroklimatické činitele ovlivňují optimální stav vnitřního prostředí. Optimální stav prostředí je takový, který vytváří vhodné podmínky pro pracovní činnost a tvořivou práci, a samozřejmě taky pro zdravý pobyt. Takový stav se nazývá pohoda prostředí. Pohodu prostředí vnímá člověk komplexně, ale i přesto můžeme pohodu prostředí rozlišit na několik kategorií. Tepelná, světelná, akustická aj. **pohoda prostředí**.

Většinu mikroklimatických činitelů můžeme upravit pomocí technických opatření, např:

- na úpravu tepelného a vlhkostního mikroklimatu a čistoty vzduchu (tj. zařízení větrací, klimatizační, vytápěcí, odsávací a odlučovací)
- na ochranu proti hluku a vibracím
- na úpravu osvětlení
- na úpravu iontového složení vzduchu
- na ochranu proti ionizujícímu a neionizujícímu záření

Řešením pracovišť a pracovního prostředí z hlediska prostorových, dispozičních, estetických, a barevných činitelů se zabývá mezioborová disciplína tzv. **ergonomie**.

Některé činitele se navzájem ovlivňují a působí na sebe. Vhodné hodnoty činitelů (teplota vzduchu, teplota povrchu stěn a předmětů, rychlost proudění vzduchu, vlhkost vzduchu, oděv, tělesná konstituce člověka a činnost člověka) vytváří stav, který můžeme shrnout pod název tepelná pohoda prostředí.

### 1.1 Tepelná pohoda prostředí

Je to vlastně pocit spokojenosti s tepelným stavem prostředí. Předpoklad tepelné pohody prostředí je rovnováha tepelného režimu člověka k udržení stálé teploty těla. Teplota zdravého člověka se pohybuje mezi  $36,5^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$  a proto musí být teplo uvolňované v těle odváděno do okolí. Výměna tepla s okolím nastává vedením, konvekcí, sáláním, vypařováním, dýcháním a její velikost ovlivňuje termoregulační centrum těla. Množství uvolněné energie závisí především na intenzitě fyzické činnosti a na hmotnosti člověka. Při pocitu chladu dochází ke zvýšení produkce tepla

intenzivnějšími látkovými přeměnami tj. chemická termoregulace. Nebo výměnu tepla s okolím ovlivňuje vazomotorická regulace. Při pocitu chladu se díky vazomotorické regulaci zúží cévy pokožky a sníží se tak průtok krve a tím i teplota kůže, a tím se omezí odvod tepla konvekcí a radiací, při pocitu tepla se naopak cévy rozšíří a tím se zvýší průtok krve. Kůže se zahřeje a tím se zvýší odvod tepla konvekcí a radiací. Pokud odvod tepla je stále nedostačující nastane zvýšená produkce potu potními žlázami a jeho odpařování. Pokud tělesné regulace nezajistí tepelnou rovnováhu, dochází k ohrožení života přehřátím nebo podchlazením.

Tyto regulace probíhají automaticky bez vědomého zásahu, ale člověk používá ještě vědomou termoregulaci k dosažení tepelné pohody a to:

- změna tělesné činnosti (změna metabolického tepla)
- změna části povrchu těla (schoulením nebo roztažením končetin od sebe)
- změna oblečení
- změna teploty prostředí

### 1.1.1 Tepelná rovnováha

Podmínkou tepelné rovnováhy je rovnováha mezi teplem produkovaným tělem zmenšeným o teplo přeměněné v mechanickou práci konanou člověkem a teplem odvedeným vedením, konvekcí, sáláním, vypařováním a dýcháním. Tepelnou rovnováhu lze vyjádřit rovnicí:

$$\dot{Q}(1-\eta) = \dot{Q}_{ved} + \dot{Q}_k + \dot{Q}_s + \dot{Q}_v + \dot{Q}_d \quad [\text{W}] \quad (1.1)$$

$\dot{Q}$  - vnitřní produkce tepla  $\dot{Q} = S \cdot \dot{q}$  [W]

S- plocha povrchu těla [m<sup>2</sup>]

$\dot{q}$  - hustota metabolického tepelného toku [W.m<sup>-2</sup>]

$\eta$  - mechanická účinnost lidské práce

$\dot{Q}_{ved}, \dot{Q}_k, \dot{Q}_s, \dot{Q}_v, \dot{Q}_d$  - tepelné toky sdílené z povrchu těla do okolí vedením, konvekcí, sáláním, vypařováním a dýcháním

Za normálních okolností (u stojícího nebo sedícího člověka) můžeme zanedbat tepelný tok sdílený vedením a taky předpokládat, že mechanická účinnost lidské práce je velmi malá. Pak všechno uvolněné teplo při látkových přeměnách těla je nutno odvádět z těla konvekcí, sáláním, vypařováním a dýcháním.

Pak můžeme psát:

$$\dot{Q} = \dot{Q}_k + \dot{Q}_s + \dot{Q}_v + \dot{Q}_d \quad [\text{W}] \quad (1.2)$$

### Přenos tepla konvekcí

Je to tepelný tok sdílený z vnějšího povrchu oblečeného člověka do okolního vzduchu konvekcí

$$\dot{Q}_k = \alpha \cdot S_k \cdot (t_p - t) \quad [\text{W}] \quad (1.3)$$

$t_p$  - střední teplota vnějšího povrchu oděvu [°C]  
 $t$  - teplota okolního vzduchu [°C]  
 $S_k$  - povrch oblečeného člověka  $S_k = f_{cl} \cdot S$   
 $S$  - povrch lidského těla (průměrně  $S = 1,7 \div 1,9 \text{ m}^2$ )  
 $f_{cl}$  - poměr povrchu oblečeného člověka k povrchu lidského těla  
 (závisí na druhu oděvu)

Kde  $\alpha$  je součinitel přestupu tepla konvekci [ $\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ ],  $\alpha$  závisí na rychlosti proudění vzduchu-w.

### **Přenos tepla sáláním**

Tepelný tok sdílený mezi povrchem těla a okolními plochami sáláním je dán rovnicí

$$\dot{Q}_s = \varepsilon \cdot \sigma_0 \cdot S_s \cdot [(T_p)^4 - (T_r)^4] \quad [\text{W}] \quad (1.4)$$

$\varepsilon$  - poměrná zářivost mezi povrchem těla a okolními plochami  
 (nejčastěji  $\varepsilon = 0,95$ )

$\sigma_0$  - Stefanova-Boltzmannova konstanta,  
 ( $\sigma_0 = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}$ )

$S_s$  - sálající povrch lidského těla  $S_s = 0,71 \cdot S_k$

$T_p$  - střední teplota vnějšího povrchu oděvu [K]

$T_r$  - střední radiační teplota [K]

### **Přenos tepla vypařováním potu**

Se skládá z tzv. suchého pocení  $\dot{Q}_{vs}$  (neviditelné odpařování vody) a z viditelného vypařování  $\dot{Q}_{vm}$ . Je dán rovnicí:

$$\dot{Q}_v = \dot{Q}_{vs} + \dot{Q}_{vm} \quad [\text{W}] \quad (1.5)$$

$$\dot{Q}_{vs} = 3,05 \cdot 10^{-3} \cdot S \cdot (p''_{p(t_k)} - p_{p(t)}) \quad [\text{W}] \quad (1.6)$$

$S$  - plocha povrchu těla [ $\text{m}^2$ ]

$p''_{p(t_k)}$  - parciální tlak sytých par při teplotě pokožky

$p_{p(t)}$  - parciální tlak vodních par v okolí vzduchu závislý na teplotě a relativní vlhkosti

Mokrý vypařování potu je velký nástroj termoregulace lidského těla, jeho hodnoty se mění automaticky podle potřeby bez našeho vědomí, ale tak aby se udržela stálá teplota lidského těla.

## **Přenos tepla dýcháním**

Množství vdechovaného vzduchu do plic závisí na fyzické činnosti a tělesné konstituci člověka. V plicích se vzduch ohřeje na 34 – 36 °C a nasytí se vodní párou. Potom odváděný tepelný tok je součet tepelného toku potřebného k ohřátí vzduchu a tepelného toku potřebného k odpaření vody v plicích.

$$\dot{Q}_d = \dot{m} \cdot c_p \cdot (t_v - t) + \dot{m} \cdot l_{23} (x'' - x) \quad [\text{W}] \quad (1.7)$$

$$\dot{m} = 1,433 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{\dot{Q}}{1 - \eta} \quad [\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}] \quad (1.8)$$

$\dot{m}$  - hmotnostní tok vzduchu plícemi je závislý na produkci tepla podle výše uvedeného vztahu

$c_p$  – měrná tepelná kapacita vzduchu za konst. tlaku  
( $c_p = 1,01 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ )

$t_v$  – teplota vydechovaného vzduchu ( $t_v = 34^\circ\text{C}$ )

$l_{23}$  - měrné výparné teplo vody ( $l_{23} = 2560 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$ )

$x''$  - měrná vlhkost vydechovaného (nasyceného) vzduchu [ $\text{kg}/\text{kg} \cdot \text{s} \cdot \text{v}$ ]

$x$  - měrná vlhkost vdechovaného vzduchu

## **Prostup tepla oděvem**

Tělo je nutné chránit oděvem, protože není schopné vyrovnat tepelné ztráty nebo odvést produkované teplo do okolí. Tepelný tok prostupující oblečením můžeme vyjádřit jako:

$$\dot{Q}_k + \dot{Q}_s = \frac{S \cdot (t_k - t_p)}{R_{cl}} \quad [\text{W}] \quad (1.9)$$

$t_k$  – je střední teplota povrchu pokožky [ $^\circ\text{C}$ ]

$t_p$  – teplota vnějšího povrchu oděvu [ $^\circ\text{C}$ ]

$S$  – povrch těla [ $\text{m}^2$ ]

$R_{cl}$  – tepelný odpor oděvu [ $\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$ ]

Tepelný odpor je závislý na typu oděvu a na počtu vrstev.

### **1.1.2 Rovnice tepelné pohody**

Z matematické hlediska je dosažena tepelná pohoda pokud je splněna rovnice tepelné rovnováhy. Ale nemůžeme mluvit o tepelné pohodě pokud se potíme nebo naopak v zimě, kdy máme studenou pokožku končetin což je způsobeno tělesnou termoregulací. Takže o tepelné pohodě můžeme mluvit jen tehdy, když jí dosáhneme při minimálních zásazích tělesné regulace. Střední teplota pokožky  $t_k$  a tepelný tok mokřým pocením  $\dot{Q}_{vm}$  se pokládají za druhou a třetí podmínku stavu tepelné pohody v závislosti na činnosti člověka.

$$t_k = 35,7 \div 0,0275 \dot{q} \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (1.10)$$

$$\dot{Q}_{vm} = 0,42 \cdot S(\dot{q} - 58) \quad [\text{W}] \quad (1.11)$$

$\dot{q}$  - činnost člověk

Rovnice tepelné pohody vyjádřena funkční závislostí:

$$\dot{Q} = f(R_{cl}, f_{cl}, t, w, t_r, \varphi)$$

Jednotlivé veličiny v této závislosti charakterizují:

$\dot{Q}$  - činnost člověka

$R_{cl}, f_{cl}$  - vlastnosti oděvu

$t, w, t_r, \varphi$  - tepelný stav prostředí

Na určení tepelné pohody je možné použít diagramy, které jsou sestaveny na základě rovnice tepelné pohody.

### 1.1.3 Hodnocení tepelného stavu prostředí

Na hodnocení tepelného prostředí byly vypracovány metody a sestaveny přístroje, které zjednodušují hodnocení. Stav prostředí je dán více veličinami (teplotou vzduchu  $t$ , střední radiační teplotou  $t_r$ , rychlostí proudění vzduchu  $w$ , relativní vlhkostí  $\varphi$ ), ale je snaha stav tepelného prostředí vyjádřit pouze jednou veličinou, která zahrnuje některé nebo všechny. V praxi se nejčastěji používá výsledná teplota  $t_g$  měřená kulovým teploměrem nebo operativní teplota  $t_o$ .

Pro hodnocení tepelného stavu prostředí se taky používá norma ČSN 7730 [7]. Její hodnocení je na základě ukazatelů PMV a PPD. Kde ukazatel PMV rozděluje tepelný stav na sedm stupňů.

A to:	+3 horko
	+2 teplo
	+1 mírně teplo
	0 neutrálně
	-1 mírně chladno
	-2 chladno
	-3 zima

Ukazatel PMV předpovídá střední tepelný pocit a je možné ho vypočítat z energetických výdajů (tepelného odporu použitého oděvu, teploty vzduchu, střední radiační teploty, vlhkosti a rychlosti proudění vzduchu).

Ukazatel PPD počítá procentuálně kolik lidí nebude spokojeno s tepelnými podmínkami prostředí (5% nespokojených – tepelná pohoda, 10% – přípustné podmínky, 20% – přijatelné podmínky). Jisté procento lidí jsou citlivější na průvan než druzí a to vyjadřuje citová norma [7] tzv. stupeň obtěžování průvanem DR.

## 1.2 Čistota vzduchu v místnosti

Vzduch v místnosti může být znečištěn plynými škodlivinami, různými zápachy, prachem, chorobnými zárodky, nadměrným teplem[1].

**Plyny a páry,** je to velká skupina průmyslových škodlivin, které nejčastěji unikají z výrobních zařízení. Nejúčinnější prevence proti těmto škodlivinám je odsávání přímo tam kde škodliviny vznikají, ale i přesto nám škodliviny vniknou do pracovního prostředí. Musíme s únikem počítat a udržovat koncentraci škodlivin pod nejvyšší přípustnou hodnotu jak stanovují hygienické předpisy. V místnostech kde přebývá větší počet lidí občas nastane pocit vydýchaného kyslíku, ale i přesto je ho dost a nemá nepříznivý vliv na dýchání. Je to jenom nepříjemný pocit, který plyne z porušení tepelné pohody a velkou vlhkostí vzduchu. Vlhký vzduch vznikne při vydechování vodní páry.

**Zápachy.** Druhou velmi častou příčinou znečišťování ovzduší je zápach a to zejména v obytných a občanských budovách. Nejčastější zdroj zápachu je kuchyně, toalety, laboratoře atd. Pokud se v místnosti nachází víc lidí může zápach vzniknout rozkladem kůže, potu a jiných sekretů. V průmyslových objektech se jedná hlavně o zápach chemických látek používané při technologických postupech. Opět je zde nejúčinnější větrávání.

**Prach** vzniká v uzavřených místnostech rozpadem a rozkladem jak látek anorganických tak i látek organických. V průmyslu může vznikat tzv. průmyslový prach, který bývá nebezpečný třeba pokud se jedná o křemičitý nebo azbestový prach. Opět musíme větráním dodržet přípustnou koncentraci.

**Choroboplodné zárodky.** V místnostech, zejména s větší koncentrací lidí, vzduch obsahuje bakterie a plísňe. Choroboplodné zárodky neexistují ve vzduchu volně ale vždy jsou usazeny na částech prachu, kapének atd. Nejjednodušším způsobem odstraňování těchto zárodků je intenzivní větrání a filtrace vzduchu. Ve zdravotnictví se vzduch také dezinfikuje buď chemicky nebo fyzikálně.



## **2 Klimatizace**

Je to zařízení, které automaticky udržuje vzduch v požadovaném stavu. Klimatizace upravuje teplotu, vlhkost a čistotu a to podle nastavení. Klimatizace se dělí podle použití na průmyslové a komfortní. Komfortní nám zajišťuje pohodu pro osoby, které se zde zdržují. V místnostech jako jsou divadla, kina, obchodní domy atd. je klimatizace nutná pro odvod tepla a vlhkosti vyprodukované lidmi. V letním období nám zajišťuje tepelnou pohodu v obytných domech. Stavby s nižší izolační schopností stěn nebo s prosklenými stěnami také vyžadují klimatizaci. Průmyslové klimatizace upravují vzduch aby odpovídal požadavkům dané technologii výroby[1].

### **2.1 Součásti klimatizačního zařízení**

Toto zařízení se skládá z řady prvků, které jsou uspořádány za sebou. Probíhá v nich úprava vzduchu po řadě jak jsou za sebou někdy i paralelně. Na výstupu má vzduch požadované parametry.

#### **2.1.1 Ohříváče a chladiče**

Pro úpravu teploty nám slouží ohříváč a chladiče. Většinou se používají rekuperační výměníky z lamelových trubek. Jako médium pro ohřívání se používá teplá voda s teplotním spádem 90/70 °C výjimečně 150/70 °C, nebo přehřátá pára s tlakem 0,5 MPa. Jako chladicí médium se používá voda, případně chladivo a pak má chladič funkci výparníku.

Lamelové trubky se používají pro zvýšení tepelného toku na straně menšího součinitele přestupu tepla. Lamelové výměníky vzniknou navleknutím hliníkových lamel ve tvaru obdélníku na měděnou trubku. Před vstupem vzduchu do výměníku musí být umístěn filtr kvůli omezení vstupu nečistot mezi lamely. Čištění lamelových je obtížné.

#### **2.1.2 Zvlhčovače vzduchu**

Druhým prvkem v klimatizaci je právě zvlhčovač vzduchu. Vlhčení se provádí párou nebo vodou. Po stránce konstrukční se používají tyto typy:

- sprchové pračky vzduchu
- blánové pračky vzduchu
- rozprašovací zvlhčovače
- pneumatické zvlhčovače
- parní zvlhčovače

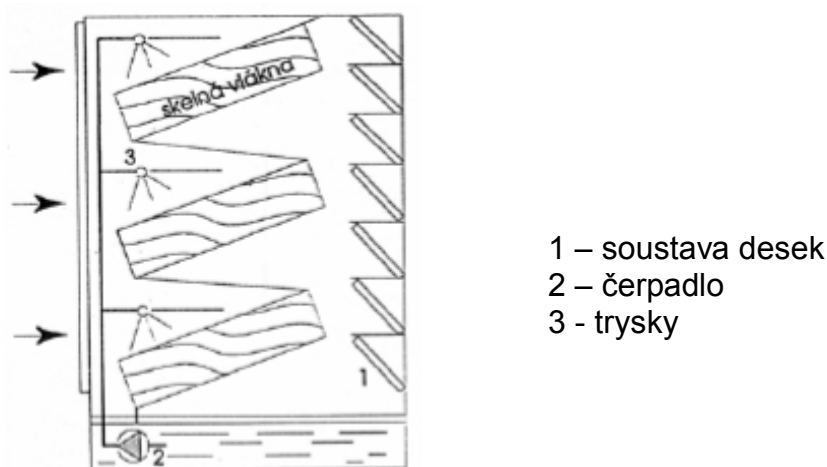
#### **Sprchové pračky vzduchu**

Nastává v nich zvlhčování vzduchu díky odpařování vody z povrchu drobných kapiček. Sprchové pračky vzduchu jsou směšovací výměníky tepla. Nejčastěji používané pračky jsou součástí sestavných klimatizačních zařízení. Pračka má tvar skříně, kde ve spodní části je vodní vana. Voda je rozstříkovaná v celém průřezu pračky buď souhlasně se směrem proudu(souproudé uspořádání) nebo proti němu(protiproudé uspořádání). Neodpařená voda steče dolů do vany. Z vany jde voda

opět do sprchovacích registrů, ale musí jít přes filtr do sání čerpadla. Nevýhodou těchto praček je velký rozměr, malá účinnost, poměrně velká spotřeba energie, nutnost časté desinfikace a čištění skříně kvůli vzniku infekce.

### ***Pračky blánové***

Jsou mnohem menší než sprchové pračky vzduchu a pracují tak s menším množstvím vody, mají menší hydraulický odpor. Odpařovací plocha je tvořena soustavou desek nebo kroužků případně vrstvou vláken, které jsou zvlhčovány tryskami nebo tekoucí vodou stékající z horní nádrže(obr.1). Nevýhodou je poměrně malá účinnost a velmi obtížné čištění.



Obr. 1 Blánová pračka vzduchu [3]

### ***Zvlhčovací zařízení s mechanickým rozprašováním vody***

Můžou být různé konstrukce, nejčastěji se používají s rotujícím kotoučem. Kotouč je ve styku s vodou ve spodní části a při vysokých otáčkách kotouče je voda rozprašována do vzduchu. Většinou se umísťují za výústkami a slouží k dovlhčování vzduchu. Použití např. v textilním průmyslu.

### ***Pneumatické zvlhčování vzduchu***

K rozprašování vody dochází díky stlačenému vzduchu s přetlakem 0,03 až 0,07 MPa. Jsou umístěny přímo v klimatizovaném prostoru. Nízké pořizovací ceny, jednoduchý provoz a údržba.

### ***Parní zvlhčovací zařízení***

Používá se u komfortních klimatizačních zařízení a tam kde jsou přísné požadavky např. operační sály. Zvlhčovací zařízení se skládá z redukčního ventilu a trubky s tryskami. Skrz trysky se vyfukuje pára přímo do vzduchovodu nebo zvlhčovací komory. Velmi jednoduché regulování, zdravotně nezávadné.

### ***2.1.3 Chladicí zařízení pro klimatizace***

Ke klimatizaci automaticky patří chladicí zařízení, které jsou vystaveny velkým výkonům. Na plný výkon nepracují často, takže je nutné aby byla dobře regulovatelná

i při nižších výkonech. Nejčastěji se v klimatizacích používají kompresorová chladicí zařízení. Chladicí zařízení slouží k přípravě chladicí vody pro chladiče vzduchu nebo jejich výparník slouží přímo jako chladič vzduchu.

#### **2.1.4 Ventilátory**

Jsou to lopatkové stroje, které slouží pro dopravu plynů. Podle směru průtoku plynu oběžným kolem se ventilátory rozlišují na axiální, diagonální, radiální a diametrální. Nejčastěji používané ventilátory v klimatizačních zařízeních jsou většinou radiální nízkotlaké nebo středotlaké. Axiální ventilátory se používají pouze při dopravě velkých toků vzduchu při malé tlakové ztrátě sítě.

#### **2.1.5 Filtry**

Je to důležitá součást v každém klimatizačním zařízení, slouží k zachycování příměsí a nečistot ze vzduchu venkovního a cirkulačního. Nejčastěji používané filtry jsou buď vložkové a nebo odvinovací. Vložkové filtry se používají u menších objemových toků a odvinovací filtry se používají u větších objemových toků a jsou ve tvaru pásů. Filtry se taky liší podle filtračního materiálu a ten volíme podle požadavků na filtraci. Filtrační materiál je buď ze syntetických, nebo skleněných vláken, pro zachycení plynných škodlivin se používají nejčastěji vložkové filtry z aktivního uhlí.

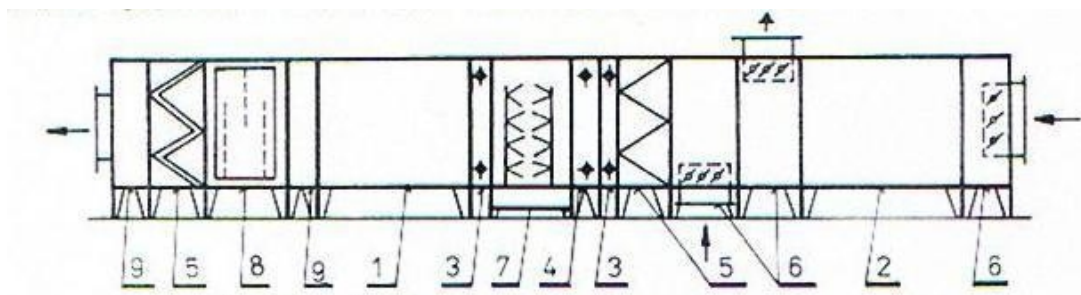
#### **2.1.6 Zařízení pro zpětné získávání tepla**

Je to zařízení, které zefektivňuje a z hospodárňuje provoz klimatizačních a větracích zařízení. Princip je v tom, že předáváme teplo z odvedeného vzduchu čerstvému přiváděnému vzduchu. Bez tohoto zařízení nám teplo spotřebované pro ohřev větracího vzduchu uniká většinou bez užitku v teplém odváděném vzduchu. Takové zařízení jsou například deskové výměníky, dvojice lamelových výměníků, regenerační rotační výměníky a tepelná čerpadla, které jsou investičně náročnější.

### **2.2 Systémy klimatizačních zařízení**

Systémy klimatizačních zařízení můžeme dělit na ústřední systémy a klimatizační jednotky.

**Ústřední klimatizační systémy.** Můžeme je taky nazývat centrální klimatizační systémy, skládají se z ústřední klimatizační strojovny a potrubního rozvodu. Můžou být zařazeny také decentrální jednotky, které dodatečně upravují vzduch v jednotlivých místnostech. V dnešní době se nejčastěji používají stavebnicová klimatizační zařízení. Jednotlivé díly jsou plechové skříně se stejnými přípojovacími rozměry. Můžeme je spojovat jednoduchým způsobem a sestavit tak klimatizační zařízení pro požadovanou úpravu vzduchu. (obr.2a-c)



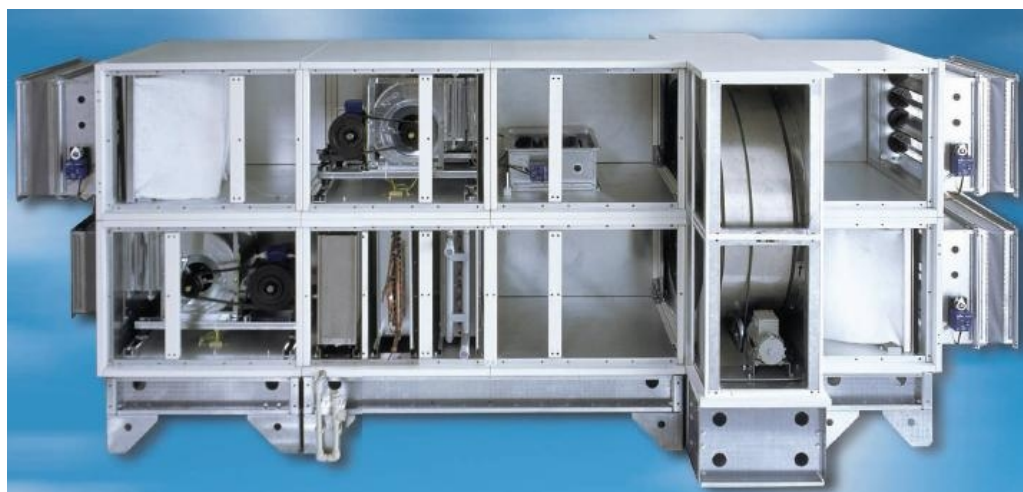
Obr. 2a Sestavné ústřední klimatizační zařízení-schéma [1]

1 – ventilátorová komora průběžná  
 3 – ohřívací komora  
 5 – filtrační komora  
 7 – vlhčicí komora  
 9 – volná komora

2 - ventilátorová komora sací  
 4 – chladicí komora  
 6 – klapková komora  
 8 – tlumící komora



Obr. 2b Sestavné klimatizační zařízení AeroMaster XP [4].



Obr. 2c Konstrukce sestavného klimatizačního zařízení AeroMaster XP [4].

**Klimatizační jednotky.** Jsou kompaktní zařízení ve tvaru skříně, které se umísťují do klimatizované místnosti. Používají se pro klimatizaci jednotlivých místností.

Podle druhu teplotnosné tekutiny, které zajišťují požadavky komfortu se klimatizační systémy rozdělují na:

- systémy vzduchové (vzduch)
- systémy kombinované (vzduch-voda)
- systémy vodní
- systémy chladivové

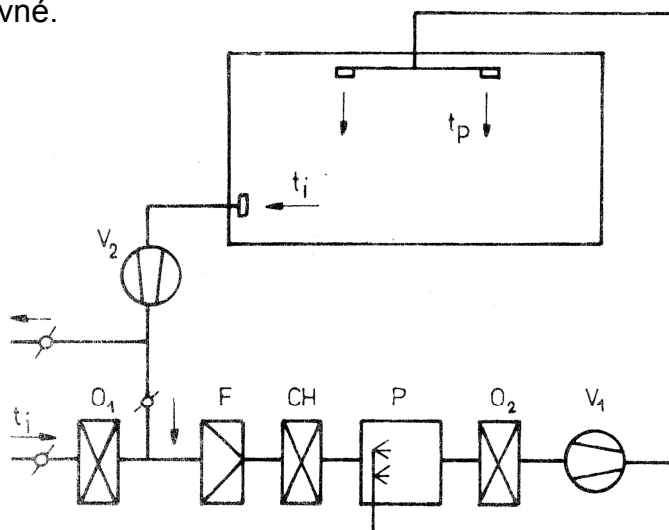
### 2.2.1 Systémy vzduchové

Tyto systémy se dělí podle rychlosti proudění vzduchu v hlavním rozváděcím potrubí na nízkotlaké ( do  $12 \text{ m.s}^{-1}$  ) a vysokotlaké ( až  $25 \text{ m.s}^{-1}$  ). U nízkotlakých systému jde upravený vzduch přímo do vyústek umístěných v místnosti, u vysokotlakých systému je koncový prvek, který redukuje tlak. Patří sem ústřední klimatizační zařízení:

- nízkotlaká jednokanálová
- vysokotlaká jednokanálová
- vysokotlaká dvoukanálová

#### Nízkotlaká ústřední klimatizační zařízení jednokanálová

Vzduch se upravuje pro všechny klimatizované místnosti v centrální strojovně a rozvádí se jedním kanálem.(obr.3) Čidlo může být umístěné jen v jedné místnosti což je nevýhoda. Proto se tato klimatizace používá zejména pro jednu místnost nebo pro více místností se stejným požadavkem na komfort. Je to zařízení jednoduché , a proto i poměrně levné.



Obr.3 Nízkotlaké ústřední klimatizační zařízení jednokanálové[1]

- |                                      |                                       |
|--------------------------------------|---------------------------------------|
| $O_1$ – předehříváč                  | F – filtr                             |
| CH – chladič                         | P – pračka                            |
| $O_2$ – dohříváč                     | $V_1$ – ventilátor pro přívod vzduchu |
| $V_2$ – ventilátor pro odvod vzduchu |                                       |

## **Vysokotlaká klimatizační zařízení jednokanálová**

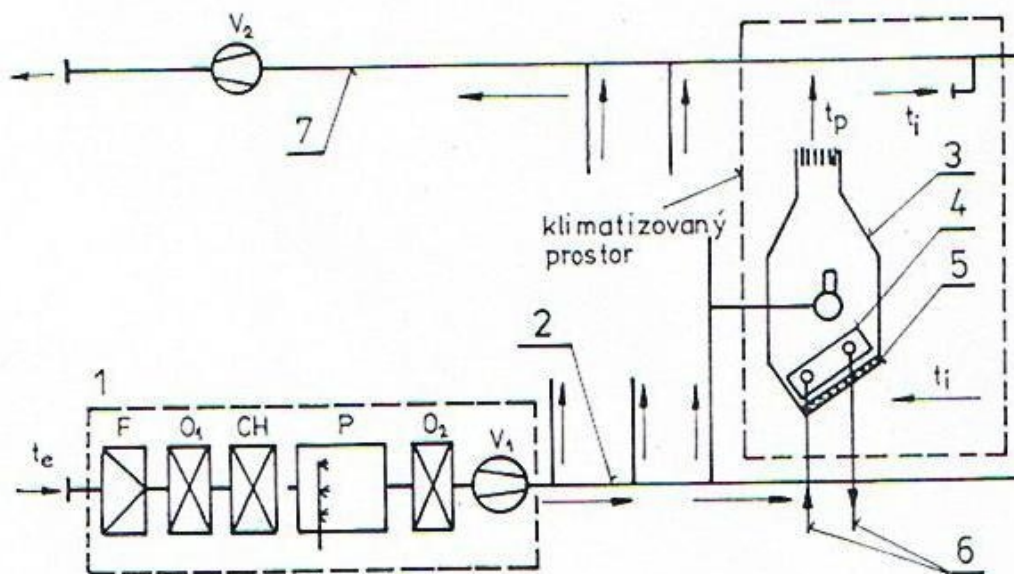
Jednokanálový vysokotlaký systém se liší od nízkotlakého jenom tím, že na přívodu vzduchu je ventilátor, který vytváří přetlak 1000 až 2000 Pa. Na konci vysokotlakého rozvodu jsou expanzní skříně, na ty se připojuje nízkotlaký rozvod vzduchu k vyústkám. Odvádění vzduchu je nízkotlaké. Používají se pro objekty s potřebou intenzivního větrání např. posluchárny, obchodní domy, kina atd.

## **Vysokotlaká klimatizační zařízení dvoukanálová**

V centrální strojovně je vzduch upraven na dva rozdílné stavy, na vzduch chladný a teplý. V budově se rozvádí chladný a teplý vzduch samostatně a pro každou místnost nebo skupinu místností se stejnými požadavky se mísí vzduch z obou kanálů, a to ve speciální směšovací skříní. Poměr míšení řídí termostat umístěný přímo v místnosti. Vzduch z místnosti se odvádí samostatným vzduchovodem a část se odvádí do atmosféry a část se využívá k cirkulaci. Chladný vzduch má po celý rok teplotu 10 až 13°C, teplota teplého vzduchu se mění v závislosti na teplotě venkovního vzduchu

### **2.2.2 Systémy kombinované**

Jsou to systémy vysokotlaké. Používají se u větších objektů a zejména u vícepodlažních budov. V centrální strojovně se upravuje pouze primární čerstvý větrací vzduch. Sekundární vzduch se přisává přímo v klimatizovaných místnostech v indukčních jednotkách (obr.4). Odvod vzduchu je buď přímo v klimatizované místnosti nebo se odvádí na chodbu a je odsáván přes sociální zařízení.



Obr.4 Vysokotlaké klimatizační zařízení s indukčními jednotkami [1]

- |                               |                                     |
|-------------------------------|-------------------------------------|
| 1 – centrální strojovna       | 2 – rozvod primárního vzduhu        |
| 3 – indukční jednotka         | 4 – výměník tepla                   |
| 5 – filtr                     | 6 – přívod a odvod teplotního média |
| 7 – potrubí pro odvod vzduchu |                                     |

**Indukční jednotky** jsou většinou konstruovány jako podokení. Primární vzduch je sem dodáván zvláštními tryskami a efektním účinkem přisává sekundární vzduch z

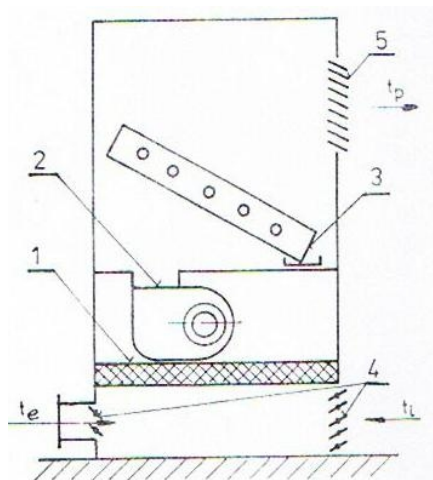
místnosti, který prochází přes lamelový výměník tepla kde se ohřeje nebo ochladí. V horní části indukční jednotky se vyfukuje upravený vzduch do místnosti. Indukční jednotky mají mnoho variant např. s jedním nebo dvěma výměníky, s dýzami v jedné nebo více řadách. Regulace tepelného výkonu je řízena na straně vzduchu klapkami nebo na straně vody dvojcestnými a trojcestnými ventily. Kombinované klimatizační systémy se dělí podle způsobu rozvodu vody na dvou trubkové přepínací, dvoutrubkové nepřepínací a čtyřtrubkové.

Kombinované systémy jsou vysoce komfortní, ale investičně náročné.

### 2.2.3 Systémy vodní

U vodních klimatizačních systémů jsou na rozvod teplé a chladné vody připojeny klimatizační soupravy tzv. klimakonvektory neboli fan-coily podokenního nebo podstropního kazetového provedení, ve kterých jsou základní prvky pro úpravu vzduchu. Jako je filtr, ventilátor, ohřivač a chladič. Tyto systémy pracují s oběhovým vzduchem nebo nasávají i vzduch z venku, a tím zajišťují i větrání, jejich poměr se reguluje klapkami. Jestliže pracují jen s oběhovým vzduchem, musíme zajistit větrání např. okny.

Pro přepínací dvoutrubkový systém může být společný výměník nebo se používají dva jako chladič a ohřivač. Regulace výkonu může být pro každou vnitřní jednotku jiný. Na (obr.5) je uvedeno schéma podokenní klimatizační soupravy. Vodní systémy jsou levnější než vzduchové nebo kombinované systémy a jsou snadno instalovatelné. Jejich nevýhodou je vyšší hlučnost než u systému s indukčními jednotkami. K vodním systémům patří také systémy chladících stropů. Tyto představují jednu z moderních technologií chlazení budov. Účinek chlazení stropem spočívá v tom, že se přímo ochladí povrch stropu nebo zavěšené stropní konstrukce. Přenos tepla se uskutečňuje zejména sáláním a ne prouděním vzduchu. Tato soustava může zajišťovat chlazení i vytápění. Vodní systémy jsou velmi vhodné pro klimatizaci obytných budov.



Obr. 5 Podokenní klimatizační souprava [1]

- |   |                |             |
|---|----------------|-------------|
| 1 – filtr   | 2 – ventilátor | 3 – výměník |
| 4 – spřažené klapky v přívodu čerstvého a oběhového vzduchu |                |             |
| 5 – výústka   |                |             |



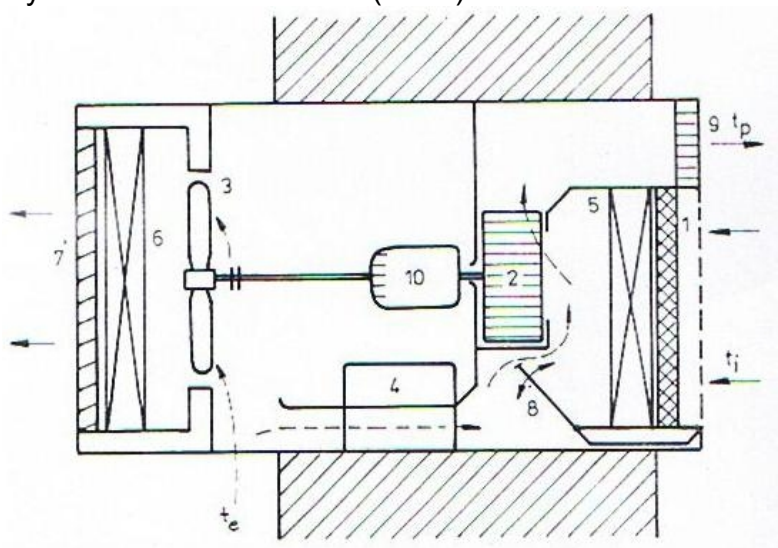
### 2.2.4 Chladivové systémy

Pro klimatizaci místností v obytných budovách a rodinných domech jsou velmi využívány chladivové systémy. V podstatě jsou to systémy, které zajišťují především chlazení vnitřního prostředí. Patří k nim:

- okenní klimatizátory
- mobilní klimatizační zařízení
- dělená klimatizační zařízení – Split systémy

#### Okenní klimatizátory

Mají vestavěné chladicí zařízení se vzduchem chlazeným kondenzátorem, který musí být umístěn vně místnosti (obr.6).



Obr.6 Okenní klimatizátor [1]

- |                        |                         |
|------------------------|-------------------------|
| 1 – filtr              | 2 – radiální ventilátor |
| 3 – axiální ventilátor | 4 – chladicí kompresor  |
| 5 – výparník           | 6 – kondenzátor         |
| 7 – žaluzie            | 8 – klapka              |
| 9 – výústka            | 10 – elektromotor       |

#### Mobilní klimatizační zařízení

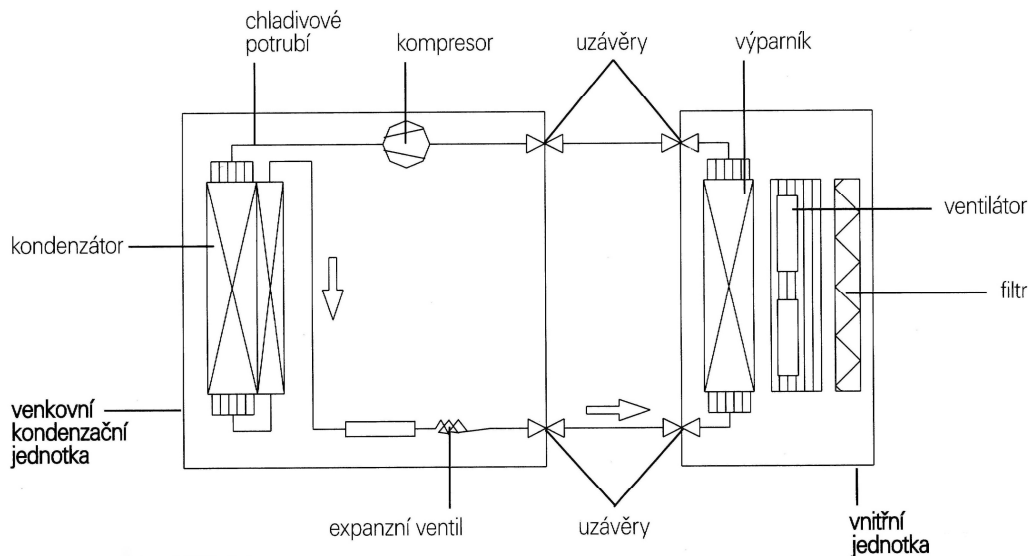
Je kompaktní zařízení, u kterého je celý chladicí okruh umístěn do jednoho kompaktního zařízení. Pro odvod kondenzačního tepla slouží pružná hadice, instalovaná na zařízení, kterou vystrčíme např. z okna. Mobilní klimatizace je vybavena kolečky pro snadnější manipulaci a stačí ji zapnout do obyčejné zásuvky. Je vhodná zejména do pronajatých prostor a tam kde není možná stavební úprava.

#### Dělená klimatizační zařízení – Split systémy

Jsou nerozšířenějším typem chladivové komfortní klimatizace. Od anglického slova „to split“ což znamená rozdělit jsou tyto klimatizace sestavené nejméně ze dvou dílů. Je to nejjednodušší zapojení chladicího okruhu kdy je uvnitř místnosti vnitřní jednotka obsahující výparník a venku je venkovní jednotka obsahující kondenzátor. (obr.7) Proudění vzduchu přes výparník a distribuci do místnosti zajišťuje ventilátor ve vnitřní jednotce. Vnitřní jednotky pracují pouze s oběhovým vzduchem a



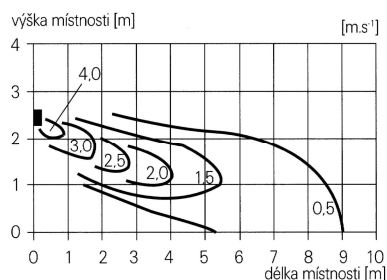
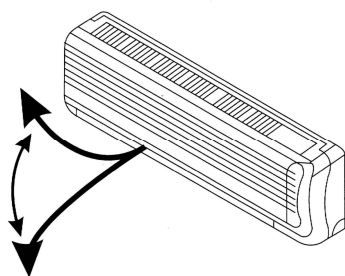
nezajišťují větrání. Chladicí výkony těchto systémů jsou 2 až 12 kW. Vnitřní jednotky se vyrábí v mnoha provedeních z hlediska umístění a proudění vzduchu.



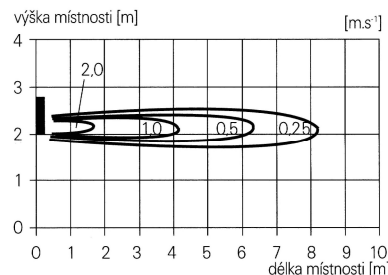
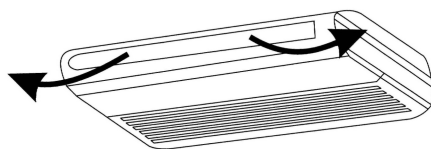
Obr.7 Skladba klimatiyace Split [2]

Nejběžnější typy:

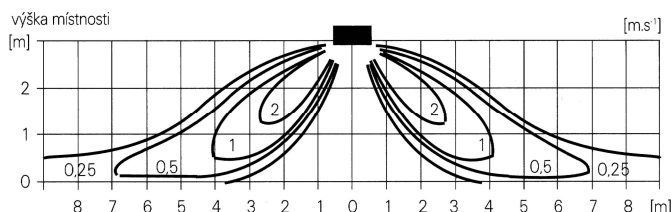
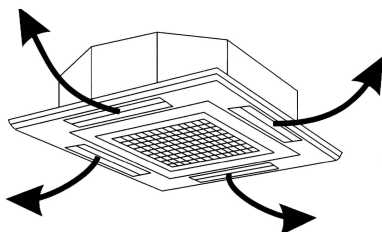
- nástěnná jednotka** (obr.8a)– montáž na zeď, výfuk šikmo nebo vodorovně před sebe
- podstropní jednotka** (obr.8b) – montáž na strop, vodorovný výfuk
- parapetní jednotka** – postavení pod parapet, výfuk kolmo nahoru.(stejná jako podstropní jednotka jen jiné instalční místo)
- kazetová jednotka** (obr.8c)– montáž do podhledu, výfuky pod malým úhlem pod strop.
- potrubní jednotka** - montáž do vzduchotechnického potrubí, výfuk podle umístění koncových elementů vzduchotechnického rozvodu.



Obr.8a Vnitřní nástěnná jednotka [2]



Obr.8b Vnitřní podstropní,parapetní jednotka [2]



Obr.8c Vnitřní kazetová jednotka [2]

U všech typů vnitřních jednotek jde směr výfuku částečně nastavit pomocí pohyblivých lamel. Součástí vnitřní jednotky je taky filtr nebo může být víc filtrů za sebou tj. vícestupňová filtrace. Filtry mohou pohlcovat pachy, tabákový kouř nebo pyl. Nesprávné umístění vnitřní jednotky může celý systém z uživatelského hlediska znehodnotit. Může způsobit nerovnoměrnou teplotu v místnosti nebo průvan. Důležitým faktorem vnitřních jednotek je taky hlučnost. Chladicí výkon je regulován zapínáním a vypínáním kompresoru a stupňovitou regulací otáček ventilátoru u výparníku. To má za následek, že z vnitřní jednotky pulzuje teplý a studený proud vzduchu. Tento nedostatek odstranil systém „Split-inverter“, který má plynule regulovaný chladicí výkon. Také spotřeba elektrické energie je nižší.

Ve venkovní kondenzační jednotce (obr.9a,b) je umístěn kondenzátor spolu s kompresorem. Úkolem kondenzátoru je předávat teplo do okolí, je nutné jednotku umístit tak, aby bylo umožněno předávání tepla do volné atmosféry. Nesmíme však zapomenout, že ventilátor a kompresor jsou zdrojem hluku, takže umístěním venku na stěně nesmíme překročit hlukový limit např. u sousedního bytu. Venkovní a vnitřní jednotka jsou propojeny měděným chladivovým potrubím, které musí být dobře izolované.

K ovládání chodu zařízení včetně nastavování teploty, která má být automaticky udržována, slouží ovladače, které jsou nejčastěji dálkové. Můžeme také nastavit otáčky ventilátoru, programovat chod zařízení v čase nebo nastavení výfuku vzduchu.



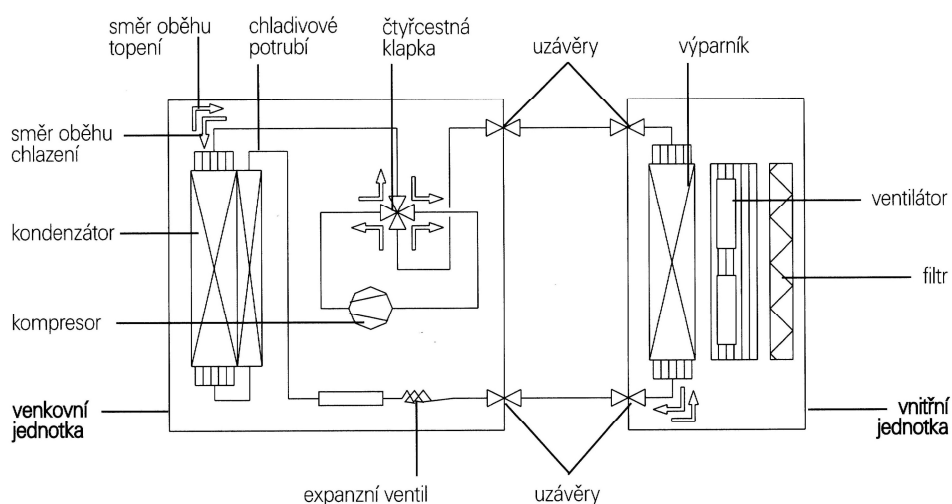
Obr. 9a Venkovní klimatizační jednotka [5]



Obr. 9b Umístění venkovní kondenzační jednotky na rodinném domu [6]

### ***Split systémy jako tepelná čerpadla***

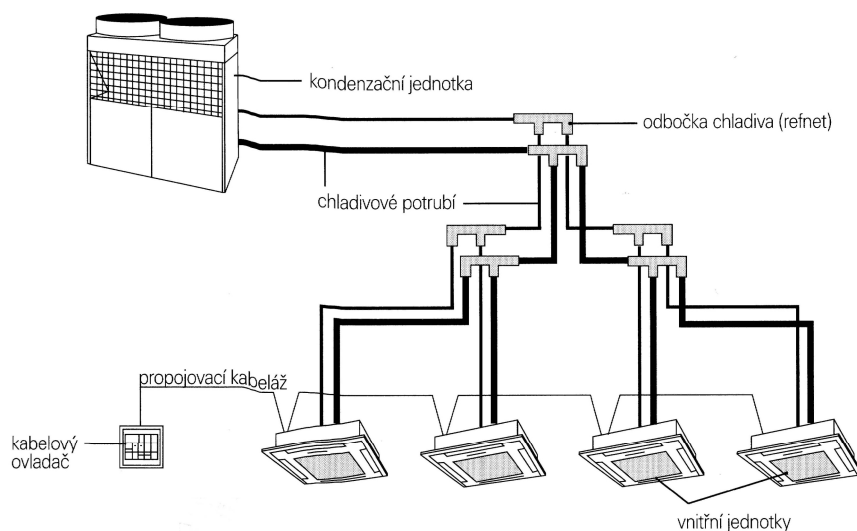
Vzhledem k jednoduchému principu Split systémů mohou být využívány jako tepelná čerpadla při zapnutí reverzního chodu (obr.10). Výměník ve vnitřní jednotce místo výparníku bude fungovat jako kondenzátor a venkovní kondenzátor fungovat jako výparník. Split systémy mohou pracovat při venkovních teplotách  $-5$  až  $-15^{\circ}\text{C}$  a mohou tak částečně nahradit vytápění. Klimatizační zařízení s tepelným čerpadlem mohou pracovat v automatickém režimu a sami přepínat mezi chlazením nebo topením.



Obr.10 Skladba klimatizace Split s možností reverzního chodu jako tepelné čerpadlo pro funkci topení [2]

## MultiSplit s VRV systémy

U velkých budov můžeme použít Split-systémy v provedení, kdy na jednu venkovní jednotku můžeme připojit až 64 vnitřních jednotek (obr.11). Celý systém řídí počítač. Toto zařízení umí v nejdokonalejší variantě přečerpávat teplo z místnosti, kde je ho přebytek do místnosti, kde je ho zrovna nedostatek. Dokonce mohou být některé jednotky v režimu topení a jiné v režimu chlazení.



Obr.11 Schéma VRV-systému [2]

## ZÁVĚR

Klimatizačních systémů je velké množství a liší se jak základním principem tak i rozměry a provozními parametry. Každý systém má své výhody a své specifické použití. Do obytných budov a rodinných domů se nejlépe hodí vodní klimatizační systém s klimakonvektory (fan-coily) a systémy chladivové. Vodní systém má hodně výhod oproti ostatním systémům. Má poměrně nízkou pořizovací a provozní cenu, která je co se týče obytných budov a rodinných domů jeden z rozhodujících parametrů. Nevýhodou je jistá hlučnost klimakonvektoru. Chladivový klimatizační systém slouží především pro chlazení. Jeho předností je snadná a jednoduchá instalace. Venkovní jednotka se umístí na střechu nebo na fasádu a na ní se připojí potřebný počet vnitřních jednotek. Existuje velká řada vnitřních jednotek (podstropní, podokenní, nástěnné...), takže není problém je esteticky zainstalovat do interiéru i díky svým malým rozměrům. Vnitřní jednotka musí odpovídat výkonem vzhledem k prostoru, kterýme požadujeme chladit. Je to velice důležité pro správnou funkci klimatizační jednotky. Nevýhodou chladivového Split systému je vyšší hlučnost jak vnitřní, tak venkovní kondenzační jednotky, která se umísťuje tak aby vnitřní prostředí nerušila hlukem. Další nevýhodou chladivových systémů Split je, že nezajišťují větrání.

## SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] Janotková, E. : *Technika prostředí*. Skripta VUT, Brno 1991
- [2] Olga a Aleš Rubinovi: *Klimatizace a větrání*. ERA, Brno 2004
- [3] <http://ottp.fme.vutbr.cz/vyuka/technikaprostredi/SylabyTP2.pdf>
- [4] <http://www.remak.cz/>
- [5] <http://www.klimatizace.eu/>
- [6] <http://www.jezekklima.cz/>
- [7] ČSN EN ISO 7730  
Ergonomie tepelného prostředí – Analytické stanovení a interpretace tepelného komfortu pomocí výpočtu ukazatelů PMV PPD a kritéria místního tepelného komfortu. říjen 2006

## SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

Zkratka/Symbol	Jednotka	Popis
$c_p$	$\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$	měrná tepelná kapacita vzduchu za konst. tlaku
$f_{cl}$	[-]	poměr povrchu oblečeného člověka k povrchu lidského těla
$f_{el}$	[-]	vlastnosti oděvu
$l_{23}$	$\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$	měrné výparné teplo vody
$\dot{m}$	$[\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}]$	hmotnostní tok vzduchu plícemi
$p_{p(t)}$	[-]	parciální tlak vodních par v okolí vzduchu závislý na teplotě a relativní vlhkosti
$p''_{p(t_k)}$	[-]	parciální tlak sytých par při teplotě pokožky
$\dot{q}$	$[\text{W} \cdot \text{m}^{-2}]$	hustota metabolického tepelného toku
$\dot{Q}$	[W]	vnitřní produkce tepla
$\dot{Q}_d$	[W]	tepelný tok sdílený z povrchu těla do okolí dýcháním
$\dot{Q}_k$	[W]	tepelný tok sdílený z povrchu těla do okolí konvekcí
$\dot{Q}_s$	[W]	tepelný tok sdílený z povrchu těla do okolí sáláním
$\dot{Q}_v$	[W]	tepelný tok sdílený z povrchu těla do okolí vypařováním
$\dot{Q}_{ved}$	[W]	tepelný tok sdílený z povrchu těla do okolí vedením
$R_{cl}$	$[\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}]$	tepelný odpor oděvu
$S$	$[\text{m}^2]$	povrch lidského těla
$S_k$	$[\text{m}^2]$	povrch oblečeného člověk
$S_s$	$[\text{m}^2]$	sálající povrch lidského těla
$t$	$[\text{°C}]$	teplota okolního vzduchu
$t_k$	$[\text{°C}]$	je střední teplota povrchu pokožky
$t_p$	$[\text{°C}]$	střední teplota vnějšího povrchu oděvu
$T_p$	[K]	střední teplota vnějšího povrchu oděvu
$T_r$	[K]	střední radiační teplota
$t_v$	$[\text{°C}]$	teplota vydechovaného vzduchu
$x''$	$[\text{kg}/\text{kgs} \cdot \text{v}]$	měrná vlhkost vydechovaného (nasyceného) vzduchu
$x$	$[\text{kg}/\text{kgs} \cdot \text{v}]$	měrná vlhkost vdechovaného vzduchu
$w$	$[\text{m} \cdot \text{s}^{-1}]$	rychlost proudění vzduchu
$\varepsilon$	[-]	poměrná zářivost mezi povrchem těla a okolními plochami
$\eta$	[-]	mechanická účinnost lidské práce
$\sigma_0$	$[\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}^{-4}]$	Stefanova-Boltzmannova konstanta
$\phi$	[-]	relativní vlhkost vzduchu